

**친환경 전력케이블용 비가교 절연재료의 교류절연파괴와 가속수명 특성에 관한 연구**

조영철\*, 박영화\*, 정재환\*, 김철호\*, 이준호\*, 이문석\*\*  
호서대\*, (주)나라켄\*\*

**A Study on Properties in AC breakdown and accelerated life of Non-crosslinked Polymeric Insulators for Eco-friendly Power Cable**

Young-Chul Cho\*, Young-Hwa Park\*, Jae-Hwan Jung\*, Chul-Ho Kim\*, June-Ho Lee\*, Moon-Seok Lee\*\*  
Hoseo University\*, NARA CHEM. CO. LTD\*\*

**Abstract** - 현재 가장 널리 사용되고 있는 전력용 지중케이블의 고분자 절연재료인 가교 폴리에틸렌(XLPE)은 전기적, 기계적으로 특성이 우수하다는 장점을 가지고 있지만 열경화성으로 인해 재활용이 어렵다.[1] 본 연구에서는 환경친화적인 전력용 케이블을 개발하기 위해 열경화성인 XLPE를 대체할 수 있는 열가소성의 고분자 절연재료를 개발하는 것이다. 이를 위해 후보군의 재료들에 대한 단계적인 특성인 교류절연파괴 시험을 시행하였다. 또한, 중장기 특성을 평가하기 위해 가속수명시험(accelerated life test: ALT)을 수행하였다. 신뢰성있는 실험결과를 위하여 교류절연파괴시험과 가속수명시험에는 McKeown 전극계를 제작, 사용하였다.

인가하였다. 각 시료에 대해 12~15회의 파괴시험을 반복하여 파괴시간을 측정 후 통계처리 하였다.

**2.4 결과 및 검토**

그림 1은 본 연구를 위해 준비한 14종류의 시료에 대한 파괴전계를 막대그래프로 비교한 것이다. 그룹 N1과 N2의 파괴전계는 XLPE보다 낮게 나타났다. 그룹 N1 중에서는 N15와 N17의 파괴전계가 다른 시료들에 비해 상대적으로 높게 나타났으며, 그룹 N2 중에서는 N22, N24, N25의 파괴전계가 다른 시료에 비해 상대적으로 높은 특성을 나타내었다. 여기서 N24와 N25 시료는 XLPE와 거의 유사한 값을 나타내었다.

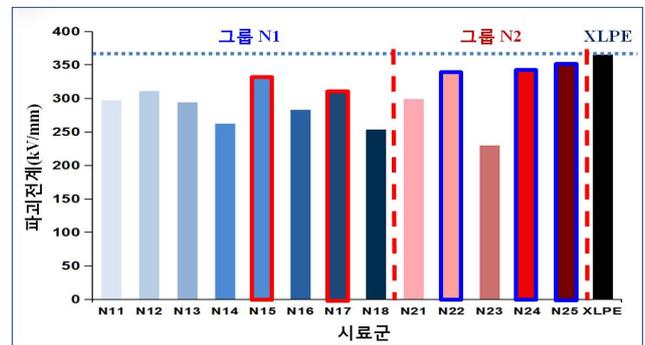
**1. 서 론**

XLPE는 열경화성으로 인해 교체나 철거 후 재활용이 어렵고 높은 처리비용이 발생한다. 최근 친환경과 재활용에 대한 사회적 인식이 높아지고 관련된 법규가 강화되는 추세를 고려 할 때, XLPE를 대체할 수 있는 친환경, 재활용 가능한 절연재료 개발에 대한 필요성이 높아지고 있다.[2] 본 논문에서는 교류절연파괴시험과 가속수명시험을 통하여 XLPE와 재활용 가능한 고분자 절연체의 전기적 특성을 비교하였다. 또한, 교류절연파괴시험의 결과와 가속수명시험의 결과를 비교, 분석하였다.

**2. 본 론**

**2.1 시료구성**

표 1은 본 연구의 실험을 위해 준비한 14 종류의 시료와 그 두께를 정리한 것이다. XLPE를 기준으로 상대적 특성을 비교하였다.



〈그림 1〉 교류절연파괴시험의 결과

〈표 1〉 실험에 사용된 시료와 두께

시료군	시료 두께	
	교류절연파괴시험	가속수명시험(ALT)
XLPE		220±10[μm]
그룹 N1(1~8)	200±10[μm]	220±10[μm] 시료준비:O, 실험진행X
그룹 N1(1~5)		220±10[μm]

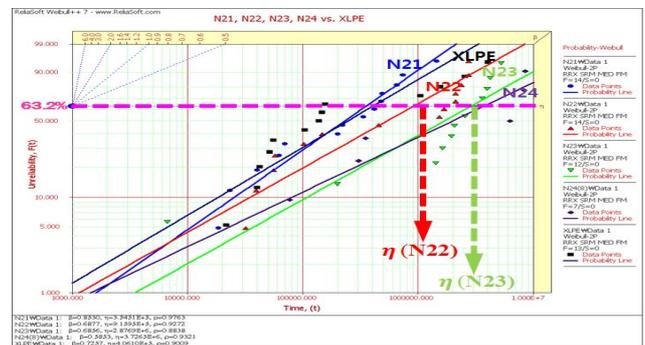
**2.2 교류절연파괴시험**

절연체 고유의 파괴전압을 보다 정확히 알기 위해 McKeown 전극을 사용하였다. 파괴시험은 표면, 또는 연면방전의 영향을 최소화하기 위해 절연유 안에서 수행하였다. 그리고 온도는 상온에서 진행하였다. 0[V]에서 시작하여 파괴가 발생할 때까지 평균 전극 사이에 고정되어있는 McKeown 전극계에 전압을 인가시키는 단시간 시험방법을 사용하였다. 절연체의 파괴전계는 통계적 값으로 확정되기 때문에 본 연구에서는 1 종류의 시료에 대해 15회의 파괴시험을 통해 측정된 값을 사용하였다. 파괴데이터의 통계적 분석은 ReliaSoft사의 Weibull++7 프로그램을 사용하였으며, 최적화된 분포함수는 적합도 판정을 거쳐 결정하였다.

**2.3 가속수명시험(ALT)**

교류절연파괴시험은 단계적인 특성을 평가하는 목적인 반면, 가속수명시험은 장기적인 특성을 평가하는 목적으로 수행된다. 전압인가는 AC절연파괴 시험과 동일하나 측정값은 전압인가 후 시료의 파괴까지 소요되는 시간이다. 이를 위해 22[kV]의 일정한 전압을 McKeown 전극계에

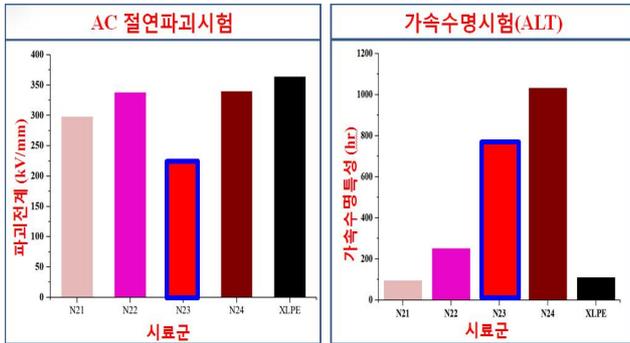
그림 2는 가속수명시험 데이터를 Weibull++7 프로그램을 사용하여 통계 분석한 결과이다. Weibull++7 그래프에서 에타는 가속수명특성을 의미한다. 시료 중 XLPE, N21, N22, N23, N24의 가속수명특성을 비교하였다. XLPE를 기준으로, N21의 시료는 XLPE와 거의 유사한 가속수명특성을 보였다. 반면 N22, N23 그리고 N24의 시료는 XLPE 보다 높은 가속수명특성을 나타내었다.



〈그림 2〉 가속수명시험의 결과

그림 3은 교류절연파괴시험의 결과와 가속수명시험의 결과를 비교하였다. 여기서 주목해야 하는 시료는 N23이다. 교류절연파괴시험에서 N23의 파괴전계는 그룹 N2에서 가장 낮았지만, 가속수명시험에서 N23의 가속수명특성은 다른 시료에 비해 상대적으로 긴 값을 나타냈다. 이와 같은 결과로부터, 이는 단계적인 특성만을 평가할 수 있는 파괴시험으로는 절연재료의 중장기적 특성을 제대로 평가하지 못할 수도 있다는 점을 보여주고 있다. 특히 지중케이블의 절연재료의 경우 중장기 수명에

대한 타당한 평가는 재료의 개발과 제품의 생산, 그리고 포설된 전력망의 신뢰도에 중요한 역할을 하기 때문에 가속수명시험은 이러한 분야에 매우 필요한 시험방법이라 판단된다.



〈그림 3〉 교류절연파괴시험 결과와 가속수명시험 결과의 비교

### 3. 결 론

본 논문에서는, 재활용이 가능한 친환경 고분자 절연재료와 XLPE의 전기적 특성을 교류절연파괴시험과 가속수명시험을 통해서 비교, 평가하였다. 그리고 교류절연파괴시험의 결과와 가속수명시험의 결과를 비교하여 단기적인 절연파괴시험으로는 중장기적 특성을 제대로 평가할 수 없음을 확인하였다. 이를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 교류절연파괴시험,
  - 그룹 N1과 N2의 파괴전계는 XLPE보다 낮은 특성을 나타내었다.
  - 그룹 N1에서는, N15와 N17의 파괴전계가 다른 시료에 비해 상대적으로 높은 특성을 나타내었다.
  - 그룹 N2에서는, N22, N24, N25의 파괴전계가 다른 시료에 비해 상대적으로 높은 특성을 나타내었다.
- 2) 가속수명시험(ALT),
  - N21의 가속수명특성은 XLPE와 거의 비슷한 특성을 나타내었고, N22, N23 그리고 N24의 가속수명특성은 XLPE보다 높은 특성을 나타냈다.
- 3) 교류절연파괴시험 결과와 가속수명시험의 결과 비교,
  - 교류절연파괴시험의 결과와 가속수명시험의 결과가 현저하게 불일치 하였다.
  - 단기적인 특성만을 평가할 수 있는 절연파괴시험으로는 절연재료의 중장기적 특성을 제대로 평가 할 수 없다는 것을 확인하였다.
  - 가속수명시험은 절연재료 평가의 신뢰성을 높이는 데 유용한 수단이 됨을 확인하였다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 이준호 외, “재활용 가능한 폴리에틸렌과 폴리프로필렌의 전도도 온도 의존성과 전력케이블내의 전계분포에 미치는 영향”, 대한전기학회 논문지 ,60(10), pp1881~1887, 2011
- [2] Y.C.CHO et al, “The Electrical Properties of Non-crosslinked Polymeric Insulators for Developing Eco-friendly Power Cable”, IEEJ 2-074, pp.90, 2015